

Family list

1 family member for: **JP7015049**
Derived from 1 application

1 SUPERCONDUCTING MULTILAYERED THIN FILM

Inventor: SATO TETSURO; FUJITA JUNICHI; (+1) **Applicant:** NIPPON ELECTRIC CO

EC:

IPC: C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22 (+6)

Publication info: **JP7015049 A** - 1995-01-17

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

SUPERCONDUCTING MULTILAYERED THIN FILM

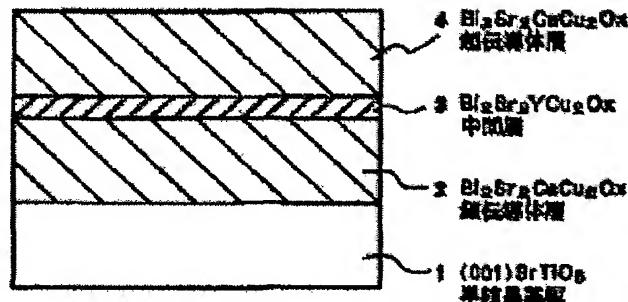
Patent number: JP7015049
Publication date: 1995-01-17
Inventor: SATO TETSURO; FUJITA JUNICHI; YOSHITAKE TSUTOMU
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
- **international:** C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22; C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22; (IPC1-7): H01L39/22; C23C14/08; H01L39/02
- **European:**
Application number: JP19930152040 19930623
Priority number(s): JP19930152040 19930623

[Report a data error here](#)

Abstract of JP7015049

PURPOSE: To provide a Bi-Sr-Ca-Cu-O based superconducting multilayered thin film having an intermediate layer suitable for the formation of a multilayered Josephson junction.

CONSTITUTION: Structure wherein a Bi₂Sr₂YC_u2OX intermediate layer 3 is sandwiched by Bi₂Sr₂CaCu₂OX superconductor layers 2, 4 is formed on an SrTiO₃ single crystal substrate 1. Similarly to Bi based superconductor, the intermediate layer has a crystal structure whose base is perovskite structure, so that a layer of sufficiently uniform thickness can be epitaxially grown between Bi based superconductor layers 2, 4 without mutual diffusion. Hence a superconducting multilayered thin film suitable for a multilayered Josephson junction can be formed.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-15049

(43) 公開日 平成7年(1995)1月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 39/22	Z A A C	9276-4M		
C 23 C 14/08	L	0827-4K		
H 01 L 39/02	Z A A B	9276-4M		

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

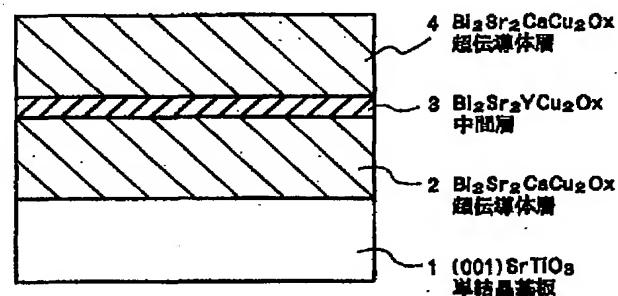
(21) 出願番号	特願平5-152040	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成5年(1993)6月23日	(72) 発明者	佐藤 哲朗 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72) 発明者	藤田 淳一 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72) 発明者	吉武 務 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 超伝導積層薄膜

(57) 【要約】

【目的】 積層型ジョセフソン接合の作製に適した中間層を有する $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導積層薄膜を提供する。

【構成】 $B_i - Sr - Y - Cu - O$ 中間層3を $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 超伝導体層2, 4ではさんだ構造を、 $SrTiO_3$ 単結晶基板1上に作製する。この中間層は B_i 系超伝導体と同様ペロブスカイト構造を基本とする結晶構造を持っており、 B_i 系超伝導体層2, 4の間に、相互拡散なしで、十分に均一な厚さでエピタキシャル成長できる。従って積層型ジョセフソン接合に適した超伝導積層薄膜を作製できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 $B_i - Sr - Ca - R - Cu - O$ (RはY, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項2】 $M - Cu - O$ (MはBa, Sr, Ca, Nd, Laのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項3】 $B_i - AE - Co - O$ (AEはBa, Sr, Caのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項4】 基板と接する $B_i - Sr - Cu - O$ 緩衝層を設けたことを特徴とする、請求項1、2または3に記載の超伝導積層薄膜。

【請求項5】 基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いることを特徴とする、請求項1、2、3または4に記載の超伝導積層薄膜。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は比較的高温で動作する積層型ジョセフソン接合を作製するための、高い臨界温度(T_c)を有する B_i 系超伝導酸化物層により中間層をはさんだ構造を持つ超伝導積層薄膜に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 高い T_c を持つ B_i 系酸化物超伝導体の発見以来、その高い T_c をもたらす超伝導機構の解明のための基礎研究や電子素子等への応用研究が活発におこなわれている。 B_i 系超伝導体は $80K \sim 110K$ という高い T_c を持つため、その使用に際しては、 $77K$ の沸点を持つ安価な液体窒素を冷媒として使用する事が可能で、またその低温の維持のための設備も簡単なものですが、この長所を持っている。このため、従来の低い T_c を持つ物質を用いて実現した超伝導電子素子を、高い T_c を持つ B_i 系超伝導体を用いて実現することは、産業上大きな貢献となる。

【0003】 この B_i 系超伝導体を用いて超伝導電子素子を作製する際、この素子の重要な構成部分であるジョセフソン接合を再現性および制御性良く作製する必要がある。このための方法として、非超伝導体中間層を超伝導体ではさんだ積層構造を作製する技術が一般的である。この中間層を構成する非超伝導物質としては、 B_i 系超伝導体と結晶構造が似ており B_i 系超伝導薄膜上に

十分平坦に成長すること、薄膜成長温度において B_i 系超伝導体との相互拡散が小さいこと、低温で比抵抗が十分高いこと(トンネル接合の場合)または十分低いこと(近接効果による弱結合の場合)などの条件を満足する必要がある。

【0004】 B_i 系超伝導積層薄膜の中間層として、従来の低 T_c 超伝導積層構造で用いられていた Al 酸化物や Al をそのまま用いると、相互拡散や B_i 系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等の問題が発生し、良質の超伝導積層薄膜の作製が困難となる。そこで中間層に用いる物質としてこれまで $B_i - Sr - Cu - O$ 酸化物等が用いられているが、いずれの物質も B_i 系超伝導層上に均一に成長させることが困難で、そのためこれらの物質を中間層に用いたジョセフソン接合中の電流分布には、十分な均一性が得られないという問題点があった。

【0005】 また均一な厚さを持つ中間層を作製するには B_i 系超伝導体層自身が十分に平坦でなければならぬ。しかし従来異相の発生等を抑えることは困難であったため、均一な電流分布を持つジョセフソン接合を作製することは困難だった。

【0006】 また B_i 系超伝導体の超伝導コヒーレンス長の異方性を考えると、ジョセフソン接合内で電流を B_i 系超伝導体の a b 軸方向に流すことが望ましい。しかし積層型ジョセフソン接合において a b 軸方向に電流を流そうとすると、積層薄膜は a b 軸配向薄膜であるか、あるいは(110)配向薄膜であることなど、積層薄膜の垂直方向に a b 軸成分を持つ薄膜であることが要求される。しかし B_i 系超伝導体薄膜では c 軸配向薄膜が中心で、ジョセフソン接合に適した十分な平坦性を持った a b 軸配向薄膜成長は成功していない。また(110)配向薄膜など a b 軸が基板表面に対して大きな角度で傾斜している薄膜は表面平坦性が著しく悪く、積層型ジョセフソン接合作製には適していない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、積層薄膜で用いられる中間層として B_i 系超伝導体に良く適した物質を選び、また場合によっては緩衝層を設けることにより異相の発生を抑えることによって、界面における相互拡散や B_i 系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等がなく、十分均一な膜厚の中間層を持つ良質の B_i 系超伝導積層薄膜を提供すること、および薄膜の垂直方向に a b 軸成分を持ち、しかも積層型ジョセフソン接合作製に十分な平坦性を持つ、前記の良質な B_i 系超伝導積層薄膜を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は $B_i - Sr - Ca - R - Cu - O$ (RはY, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうちの少なくとも一種類を含む) で表される中間層、または、 $M - Cu - O$ (MはBa, Sr, Ca, N

d , L_a のうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層、または、 $B_i - AE - Co - O$ (A B は Ba , Sr , Ca のうちの少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ $B_i - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜である。

【0009】または基板と接する $B_i - Sr - Cu - O$ 緩衝層を設けたことを特徴とする、前記のいずれかの超伝導積層薄膜である。

【0010】または基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いることを特徴とする、前記のいずれかの超伝導積層薄膜である。

【0011】

【作用】 $B_i - Sr - Ca - R - Cu - O$ 、 $M - Cu - O$ 、 $B_i - AE - Co - O$ 酸化物を中間層として用いたのは、 B_i 系超伝導体と同様ペロブスカイト構造を基本とする結晶構造を持っており、 B_i 系超伝導体層の上にこれらの中間層を十分に均一な厚さでエピタキシャル成長させること、および逆に $B_i - Sr - Ca - R - Cu - O$ 酸化物層の上に B_i 系超伝導体層をエピタキシャル成長させることができること、 B_i 系超伝導体層との間の相互拡散が小さいこと、低温で充分高い比抵抗

($B_i - Sr - Ca - R - Cu - O$) または十分低い比抵抗 ($M - Cu - O$ 、 $B_i - AE - Co - O$) を持つことが理由である。

【0012】基板と接する $B_i - Sr - Cu - O$ 緩衝層を設けたのは、その上に堆積する薄膜の平坦性向上、特に異相の発生の抑制のためである。

【0013】または基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いるのは、積層薄膜の垂直方向に a b 軸成分を持ち、しかも積層型ジョセフソン接合作製に十分な平坦性を持つ積層薄膜を作製するためである。

【0014】

【実施例】(実施例1) 図1は本発明による B_i 系超伝導積層薄膜の概略図である。基板1には(001) $SrTiO_3$ 単結晶基板を用いた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまず $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層2を堆積させ、その上に $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 中間層3を、最後にその上に $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層4を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネットロンスパッタリング法を用いた。ターゲットは各層にそれぞれ1枚づつ割り振り、 $B_{i2.5}Sr_{2.0}Ca_{0.8}Cu_{2.4}O_8$ および $B_{i2.6}Sr_{2.0}Y_{1.0}Cu_{2.4}O_8$ という組成の焼結ターゲットを用いた。成長中の基板温度は700~750°C、スパッタガスはArおよびOで、Ar:O=1:1で、全ガス圧は50~200mTorrとした。作製した積層薄膜の各層の厚さは緩衝層が約10nm、上下の $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導層がいずれも約100nm、 $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 中間層が約20nmであった。

は上下の $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導層がいずれも約100nm、 $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 中間層が約20nmであった。

【0015】積層薄膜を2次イオン質量分析装置(SIMS)で分析したところ、各層は相互拡散せず堆積されており、良質の積層薄膜が作製されていることが確認された。各層が均一な厚さを持ち相互拡散していないことは、高分解能電子顕微鏡による積層薄膜断面の観察によっても確認された。またこの積層薄膜をX線回折法および電子線回折法で調べると、各層ともc軸が基板表面に垂直で、かつ基板の<110>方向と積層薄膜を構成する各酸化物の<100>方向とが平行となるエピタキシャル成長をしていることが確認された。なおX線回折法で調べた結果、 $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 酸化物相および $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 酸化物相以外の相は薄膜中に存在していないことが確認された。積層薄膜の表面および同条件で作製した各单層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は10nm程度の凹凸がみられるだけの平坦さで、異相の発生も $20 \times 20 \mu m^2$ に1個程度であることが確認された。4端子法で $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層2, 4の抵抗の温度変化を測定したところ、いずれの層ともに70K以上のT_cを持つことが確認され、良質の $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層が作製されていることがわかった。

【0016】なお、中間層に $Sr_{0.9}Nd_{0.1}CuO_3$ 、 $B_{i2}Sr_3Co_2O_8$ を用いても同様の結果が得られた。

【0017】(実施例2) 図2は本発明による B_i 系超伝導積層薄膜の概略図である。基板11には(001) $SrTiO_3$ 単結晶基板を用いた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまず $B_{i2}Sr_2CuO_8$ 緩衝層15を堆積した。次にその上に $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層12を堆積させ、その上に $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 中間層13を、最後にその上に $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導体層14を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネットロンスパッタリング法を用いた。 $B_{i2.2}Sr_{2.1}Cu_{1.0}O_8$ 、 $B_{i2.5}Sr_{2.0}Ca_{0.8}Cu_{2.4}O_8$ 、および $B_{i2.6}Sr_{2.0}Y_{1.0}Cu_{2.4}O_8$ という組成の焼結ターゲットを用いた。成長中の基板温度は700°C~750°C、スパッタガスはArおよびOで、Ar:O=1:1で、全ガス圧は50~200mTorrとした。作製した積層薄膜の各層の厚さは緩衝層が約10nm、上下の $B_{i2}Sr_2CaCu_2O_8$ 超伝導層がいずれも約100nm、 $B_{i2}Sr_2YC_{u2}O_8$ 中間層が約20nmであった。

【0018】積層薄膜の表面および同条件で作製した各单層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は5nm程度の凹凸がみられる

だけの平坦さであり、また実施例1の場合と比較して異相の発生が非常に少なく、ほとんど異相が観察されないことが確認された。

【0019】なお、中間層にSr_{0.9}Nd_{0.1}CuO_x、Bi₂Sr₃Co₂O_xを用いても同様の結果が得られた。

【0020】(実施例3) 図3は本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。基板21に用いたSrTiO₃単結晶基板は、その法線が<100>から<111>に向かって4°傾いた表面を持っているものを使いた。この傾斜角度が2°以上の基板を用いれば、その上に成長させる積層薄膜のa-b軸方向を基板表面に対して同じ角度だけ傾斜させることができた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまずBi₂Sr₂CuO_x緩衝層25を堆積した。次にその上にBi₂Sr₂CaCu₂O_x超伝導体層22を堆積させ、その上にBi₂Sr₂YC_{u2}O_x中間層23を、最後にその上にBi₂Sr₂CaCu₂O_x超伝導体層24を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネトロンスパッタリング法を用いた。成長中の基板温度は700~750°C、スパッタガスはArおよびO₂で、Ar:O=1:1で、全ガス圧は50~200mTorrとした。作製した積層薄膜の各層の厚さは緩衝層が約10nm、上下のBi₂Sr₂CaCu₂O_x超伝導層がいずれも約100nm、Bi₂Sr₂YC_{u2}O_x中間層が約20nmであった。

【0021】この積層薄膜をX線および電子線回折法、電子顕微鏡法で調べると、各層ともc軸が基板表面ではなく基板の<100>に垂直で、積層薄膜の垂直方向に*

* a-b軸成分を持ち、積層型ジョセフソン接合に適した構造になっていることが確認された。積層薄膜の表面および同条件で作製した各単層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は基板傾斜の影響で5~10nm程度の階段状の構造がみられるものの、異相の発生は実施例2と同様に少なく、十分平坦であることが確認された。

【0022】なお、中間層にSr_{0.9}Nd_{0.1}CuO_x、Bi₂Sr₃Co₂O_xを用いても同様の結果が得られた。

【0023】

【発明の効果】本発明は界面における相互拡散やBi系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等がなく、十分均一な膜厚の中間層を持つ良質のBi系超伝導積層薄膜を提供するものであり、Bi系超伝導体の超伝導電子素子への応用上効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

【図2】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

【図3】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

【符号の説明】

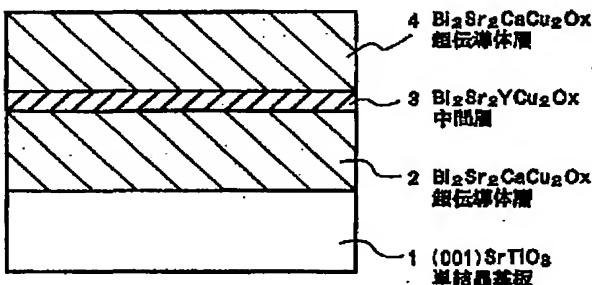
1, 11, 21 SrTiO₃ 基板

2, 4, 12, 14, 22, 24 Bi₂Sr₂CaCu₂O_x 超伝導体層

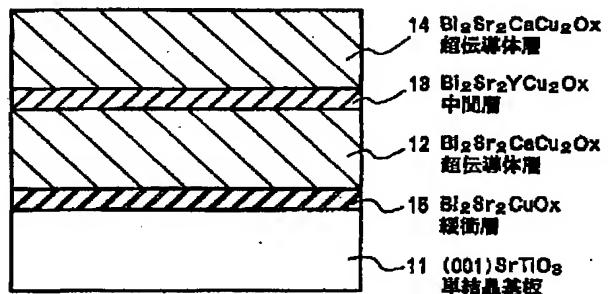
23 Bi₂Sr₂YC_{u2}O_x 中間層

25 Bi₂Sr₂CuO_x 緩衝層

【図1】



【図2】



【図3】

